Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Die Lichtlinie in den Prismenzellen der Samenschalen.

Von Prof. Dr. **R. Junowicz.**

(Mit 2 Tafeln.)

(Ausgeführt im k. k. pflanzenphysiologischen Institute in Prag.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 12. Juli 1877.)

Ich wurde zu den nachfolgenden Untersuchungen von Prof. Dr. A. Weiss angeregt, dessen Institut in Prag zu besuchen mir durch die Liberalität des k. k. Unterrichtsministeriums ermöglicht wurde. Für die im Verlaufe der Arbeit an Materiale, sowie durch Rath und unermüdliche Belehrung gewordene Hilfe sage ich dem genannten Professor meinen ehrfurchtsvollsten und aufrichtigsten Dank.

Seit Mettenius,[1] der auf eine ziemlich interessante Erscheinung an den Prismenzellen in den Fruchtschalen von *Marsilia* aufmerksam machte, hatten verschiedene Autoren an ähnlich geformten Zellen, sowohl der Frucht- als auch der Samenschalen eine stark lichtbrechende Partie, Lichtlinie genannt, theilweise nur erwähnt, theilweise aber auch dieselbe zu erklären versucht. — Vor Allem gebührt Schleiden und Vogel[2] (schon im Jahre 1838) das Verdienst, diese Lichtlinie, wenn auch nicht näher erklärt, so doch richtig an den Samenschalen der *Papilionaceen* abgebildet zu haben.

Ich will zunächst die verschiedenen Angaben und Erklärungsweisen der Autoren kurz wiedergeben und zugleich auf die Unrichtigkeiten, die mit den Thatsachen nicht übereinstimmen, aufmerksam machen.

Mettenius gibt an, ohne sich speciell weiter einzulassen, dass die Lichtlinie von Tüpfelcanälen herrühre, die in sämmt-

---

[1] Beiträge zur Kenntniss der *Rhizocarpeen*. 1846, pag. 26.

[2] Über das Albumen, insbesondere der *Leguminosen*, aus Nova acta der Leop.-Car. Akademie, Vol XIX, pars II, Taf. XLIII, Fig. 55, 58; Taf. XLV, Fig. 77, besonders Fig. 80.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

lichen Zellen derselben Schicht correspondiren; Tozzetti[1] bildet sie an der Samenschale bei *Vicia polyantha* ab und — nachdem er die Bemerkungen Schleiden's angeführt und hervorgehoben hatte, dass bis jetzt noch Niemand eine glaubwürdige Erklärung der Thatsachen gegeben habe, — äusserte er seine Ansicht darüber, ohne sie indess durch experimentelle Untersuchungen zu begründen, dahin, dass, „da die Erweiterung des Zelllumens in allen Zellen bei derselben Höhe beginnt, und der faserige Theil von dem homogenen sich genau auf derselben Ebene in allen Zellen abgrenzt, das Licht in dem unteren dünnwandigen und in kleine Fasern und Zacken getrennten Theile der Zellwand schwächer gebrochen werde, als in dem oberen, dickwandigen und homogenen."

Hanstein[2] kommt zweimal auf die Lichtlinie zu sprechen und, nachdem er in seiner ersten Abhandlung die Prismenzellen als an der Lichtlinie aus zwei Zelllagen bestehend annimmt und als Ursache derselben die Querwände betrachtet, führt er in seiner zweiten[3] einen anderen Erklärungsgrund für die Lichtlinie an, die dahin geht, dass an derselben Stelle bei allen Zellen gleichförmig ein perforirter Discus von starkem Lichtbrechungsvermögen die Verdickungsschichten quer durchsetze.

Wichtig erscheint mir die Thatsache, dass nach ihm durch das Schultz'sche Macerationsverfahren die Prismenzellen an der Stelle der hellen Linie zerfallen, was jedenfalls nicht darauf hindeutet, dass die Zellen dort durch eine früh auftretende Scheidewand getheilt seien, sondern dass die Verdickung der Zellwand ungleichmässig und gerade an dieser Stelle eine geringere sei als anderswo, desshalb auch die Zellwand da eben eher angegriffen werde als an anderen Stellen.

Nach Russow[4] ist das Lumen der Prismenzellen verschiedener *Marsilia*-Arten nicht überall gleich weit, sondern

---

[1] Saggio di studi intorno al guscio dei semi. Torino 1854, pag. 46 und Taf. IV, Fig. 29.

[2] Monatsbericht der Berliner Academie, 1862, pag. 109, Anmerk. 2.

[3] *Pillulariae globuliferae* generatio cum *Marsilia comparata*. 1866.

[4] Vergleichende Untersuchungen über die Leitbündel-Kryptogamen etc. St. Petersburg 1872, pag. 32.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

mehrfach eingeschnürt und erweitert; es finden sich ferner bei den meisten Arten zwischen den bis auf die Enden vollkommen verdickten Zellen solche versprengt, die dicht über und unter der hellen Linie ein kugeliges Residuum des Lumens erkennen lassen. Besonders wichtig scheint mir jedoch die Bemerkung zu sein, dass „bei einigen *Marsilia*-Arten die stark verdickte Membran der Prismenzellen in sehr zahlreiche scharf markirte Schichten differenzirt sei, die an der Stelle der hellen Linie eine geringe Einbiegung erleiden, sich aber continuirlich durch die ganze Länge der Zellen verfolgen lassen".

Russow kommt nun, nachdem er die Entwicklungsgeschichte dieser Zellen, das Verhalten gegen chemische Reagentien und gegen das polarisirte Licht zu Hilfe nimmt, zu dem Resultate, dass eine Verschiedenheit in der Molecularzusammensetzung der Zellmembran eine Differenzirung derselben in ungleich grosse Querzonen von verschiedener Dichtigkeit (verschiedenem Wassergehalt) Ursache des Auftretens der Lichtlinie sei. „Wahrscheinlich — bemerkt er weiter — ist die Substanz der Membran an der Stelle der Lichtlinie dichter, wasserärmer."

Russow[1] constatirt auch die Identität der Lichtlinie in den Prismenzellen der Fruchtschale bei *Marsilia*-Arten mit den der Samenschalen bei den *Papilionaceen*, *Mimoseen* und *Cannaceen*.

Sempołowski[2] glaubt noch als Ursache der Lichtlinie eine chemische Modification der Zellwand an der Stelle der Lichtlinie annehmen zu müssen, und begründet dies damit, dass die Epidermiszellen bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure blau gefärbt erscheinen mit Ausnahme der Stelle der Lichtlinie, die sich gelb färbe, — gegen die Einwirkung der Schwefelsäure resistenter sei und endlich — dass die Lichtlinie nach längerem Kochen in Kalilauge verschwinde.

Lohde,[3] der die Lichtlinie auch in den Prismenzellen der Samenschalen bei den *Convolvulaceen* und *Malvaceen* beob-

[1] l. c. pag. 35 und 36.

[2] Beitrag zur Kenntniss des Baues der Samenschalen. Leipzig 1874, pag. 11.

[3] Über die Entwicklungsgeschichte und den Bau einiger Samenschalen. Naumburg A. S. 1874, pag. 32.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

achtete, geht in seiner Erklärung noch weiter, indem er die Ursache derselben bestimmt in der Cuticularisirung von Membrantheilchen zu finden glaubt. Bei einigen *Malvaceen* will er nicht nur feine Theilchen an der Stelle der Lichtlinie, sondern auch die unteren Theile der Prismenzellen cuticularisirt wissen. Ich werde die Unrichtigkeiten der beiden letzterwähnten Anschauungen im weiteren Verlaufe meiner Arbeit nachzuweisen versuchen.

Haberlandt[1] begnügt sich mit der Russow'schen Erklärungsweise, ohne weitere Beweismittel vorzuführen.

Die Lichtlinie tritt also nach dem bis nun Gesagten in den gleichförmig gebauten Prismenzellen sowohl der Frucht- als auch der Samenschalen auf, und wurde beobachtet in den oberen Prismenzellen des inneren Gewebes der Fruchtschalen bei *Marsilia*, in den Epidermiszellen der Samenschalen bei den *Papilionaceen*, *Musaceen* und *Cannaceen*, ferner in den unter der Epidermis gelegenen Prismenzellen bei den *Convolvulaceen* und *Malvaceen*. Ich fand sie auch in der ziemlich nach innen gelegenen Prismenschicht der *Cucurbitaceen (Lupa acutangula)* und *Labiaten (Lallemantia peltata)* und zweifle nicht, dass sie noch in vielen anderen Fällen vorkommt, wo nur der anatomische Bau der Zellen ein ähnlicher ist, wie in den vorher angeführten Zellformen.

Die Lichtlinie erscheint als eine stark lichtbrechende, durch die ganze Zellschicht gleichförmig sich hinziehende Partie, die je nachdem entweder nach aussen rückt oder mehr weniger gegen die Mitte der Zellen sich senkt, beiderseits begrenzt ist von einer schwach lichtbrechenden, also dunkleren Linie; sie ist häufig nicht stabil, sondern je nach dem Einstellen des Mikroskopes senkt oder hebt sie sich. Auch findet man in denselben Prismenzellen nicht immer nur eine einzige Lichtlinie, sondern oft zwei selbst drei solcher Linien, so z. B. in den Prismenzellen der Fruchtschale bei *Marsilia uncinata*.[2] Eine doppelte Lichtlinie

---

[1] Über die Entwicklungsgeschichte und den Bau der Samenschalen bei der Gattung *Phaseolus*. Separatabdruck aus den Sitzungsber. der kais. Akad. der Wiss. Wien, 1877, Bd. LXXV, I. Abth., Jänn.-Heft, pag. 6.

[2] Russow, l. c. pag. 33, Taf. IV, Fig. 54.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

fand ich in den Prismenzellen von *Lupinus varius* (Fig. 10), *Hibiscus syriacus* (Fig. 25, 26), *Hibiscus Trionum*,[1] *Luffa acutangula* (Fig. 23), *Lallemantia peltata* (Fig. 28).

Von besonderem Interesse ist die Erscheinung, dass die Lichtlinie in den mit Spaltöffnungen versehenen Frucht- und Samenschalen bei *Marsilia* und *Canna*[2] (Fig. 21) gegen die Schliesszellen hin nach Aussen umbiegt, und sich daselbst verliert. Ich fand dasselbe auch in den Samenschalen der *Acacia*-Arten (Fig. 22), nur mit dem Unterschiede, dass hier wohl eine Öffnung, ein längerer Gang vorhanden ist mit einem ausgeprägten morphologischen Charakter, nicht aber als Spaltöffnung im gewöhnlichen Sinne zu nehmen sei. Ich werde übrigens nächstens Gelegenheit haben, mich darüber näher auszusprechen, vorläufig wollte ich auf die Gleichartigkeit im Verhalten der Lichtlinie bei *Acacia*-Arten mit dem bei *Marsilia* und *Canna* hinweisen.

Untersucht man den Bau der angeführten Zellen während ihrer Entwicklung genauer, so findet man, dass die Zellwände sich nicht gleichförmig verdicken. Es entstehen in dem Lumen dieser Zellen verschiedenartige Vorsprünge, Wülste, Scheiden, überhaupt Zellwandwucherungen nach innen derart, dass das Lumen solcher Zellen nicht gleichmässig, sondern nach bestimmten Richtungen und in bestimmten Zonen sich verengt. In der Entwicklung der Prismenzellen bei *Marsilia* fand Russow,[3] dass sich an der Stelle der Lichtlinie die Zellwand deutlich nach Innen verdickt, also einen gewissen Vorsprung erhält; ferner, dass bei weiterer Verdickung die Zellwand an beiden Seiten dieses Wulstes ziemlich dünn bleibt, während die übrige Zellwand mehr oder weniger gleichmässig zunimmt so, dass man an der Stelle der Lichtlinie schon ein älteres Stadium der Zellwandverdickung in Form eines in das Zelllumen hineinragenden Zackens vorfindet, während der übrige Theil der Zellwand noch immer in rascher Verdickung sich befindet. Es muss selbstverständlich schon in dieser Zeit die Stelle der Lichtlinie markirt erscheinen, indem die Zellhautwucherung einen stark

[1] Londe, l. c. pag. 37.

[2] Russow, l. c. pag. 36.

[3] l. c. pag. 34. ff. Taf. IV, Fig. 36, 39, 35, 40.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

lichtbrechenden Wulst bildet, umgeben von einer dünneren Partie, die minder lichtbrechend ist, also dunkel erscheint, während der übrige Theil der Zellwand die gewöhnliche Lichtstärke besitzt.

Eine ähnliche Zellhautverdickung beobachtete ich auch während der Entwickelung der Prismenzellen in der Samenschale bei *Orobus vernus*. Die jugendlichen mit dichtem, körnigem Protoplasma erfüllten Epidermiszellen des äusseren Samenknospen-Integumentes nehmen nach der Befruchtung der Samenknospe in radialer Richtung bedeutend an Länge zu. Es treten immer mehr Vacuolen auf und lassen den in der Mitte stehenden Zellkern deutlich erkennen. Während dieser Zeit sind noch die Zellen in reger Radialstellung begriffen (Fig. 1). Nun wird der Zellkern wandständig und die Zellwand fängt an sich zu verdicken, jedoch vor allem in der Art, dass sich von der äusseren also an die Cuticula angrenzenden Wand Zacken bilden (Fig. 2), die in das Lumen der Zelle lange vor der Verdickung der übrigen Zellwand hineinragen. Es erlangt schon zu dieser Zeit die Zellwand eine solche Mächtigkeit, dass sie deutlich geschichtet erscheint. Hält man sich die allgemein bekannte und nachgewiesene Thatsache vor Augen, dass die innerste Schicht stets die wasserärmste ist, und als solche auch das Licht am stärksten bricht, so werden die Endigungen dieser Zacken nach Innen als einzelne in das Zelllumen hineinragende, helle Punkte erscheinen, und bei etwas schwächerer Vergrösserung oder bei einem nicht genug dünnen Schnitte eine schmale, ununterbrochene Lichtlinie als Gesammtresultirende dieser Lichtlinie bilden. Damit wird aber auch die begleitende Erscheinung leicht verständlich erklärt, dass diese Lichtlinie nach Aussen von einem dunklen Streifen begrenzt ist. Denn so wie die wasserarmen Schichten stark lichtbrechend sind, so werden die nach dem Inneren der Zellwand gelagerten, wasserreichen Schichten als das Licht schwach brechend dunkler erscheinen und sich zu einem Schattenstreifen summiren, wodurch die stark lichtbrechende Schicht in ihrer Wirkung um so deutlicher hervorgehoben wird.

Schematische Zeichnungen dürften diese Verhältnisse näher erklären. Diese von Aussen nach Innen hineinragenden, kegel-

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

förmigen Zacken werden in ihrer äussersten, inneren Begrenzung von einer hier besonders mächtigen, wasserarmen, also stark lichtbrechenden Schicht bekleidet; da sie jedoch eine gleiche Länge und gleiche Lage besitzen, so summiren sich all die wasserarmen Schichten dieser Zacken zu einer einheitlichen, stark lichtbrechenden, gleichmässig sich ziehenden Linie, der Lichtlinie (Fig. 7, *l*). Darauf folgt selbstverständlich die wasserreiche, schwach lichtbrechende Schicht, ein dunkler Streifen, der nach oben die Lichtlinie abgrenzt (Fig. 7, *d*); der übrige Theil der Zellmembran wird durch die mehr oder weniger regelmässige Wechsellagerung der beiden Schichten die gewöhnliche Lichtstärke besitzen; man kann ihn daher als indifferenten Theil der Zellhaut bezeichnen (Fig. 7, *i*). Der untere, dunkle Streifen, oder die innere schattirte Begrenzung der Lichtlinie rührt von dem nach innen geworfenen Schatten der regelmässigen Zacken her.

Bekanntlich verändert die Lichtlinie ihre Stellung derart, dass beim Senken und Heben des Tubus die lichte Linie entweder mehr nach Aussen oder nach Innen rückt. Auch dies erklärt sich aus der einfachen Betrachtung der eben geschilderten Verhältnisse. Bei der normalen Flächenansicht (Fig. 8 *x*) werden die besprochenen Erscheinungen eintreten; man sieht die Lichtlinie begrenzt von den beiden Schattenlinien nach Aussen und nach Innen übergehend in den indifferenten Theil der Zellhaut (Fig. 8, *a b*, *a d* und *i*, oder Fig. 9, *a*). Senkt man den Tubus und bringt das Bild in die Lage *y* der Fig. 8, so rücken alle erwähnten Streifen nach aussen (Fig. 8, *a*, *l*, *a*, *e* und *i* oder in Fig. 9, *a*).

Die Beobachtung der reifen Testa rechtfertigt die eben entwickelte Erklärungsweise der Lichtlinie bis in das kleinste Detail. Zur richtigen Orientirung muss man sich unbedingt sowohl die Längs-, als auch die Tangentialschnitte, geführt in verschiedenen Höhen der Prismenzellen vor Augen halten. Nach Innen ist die Zellwand im Längsschnitt (Fig. 3) ziemlich dünn, das Lumen erweitert sich bedeutend, gegen die Mitte hin nimmt die Zellwand an Dicke zu, das Lumen wird enger und ein Tangentialschnitt durch diese Partie weist eine ziemlich dicke, gleichmässig aus concentrischen Schichten zusammengesetzte

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Zellwand auf (Fig 4). In dem äussersten Drittel dieser Zellen sieht man Längsspalten der Zellhaut, die gleich Zapfen in das Zelllumen hineinzuragen scheinen; sie sind auch wirklich spitzen Kegeln täuschend ähnlich, die frei von Aussen nach Innen in den Zellraum herabhängen. Ein Tangentialschnitt durch diese Partie (Fig. 5) belehrt uns jedoch eines Anderen. Es sind nämlich spaltenförmige Porencanäle, die von der Mitte nach Aussen immer tiefer in die Zellwand eindringen und daher das Bild dieser scheinbaren, kegelförmigen, in das Zelllumen gleichsam hineinragenden Vorsprünge verursachen. Nun folgt die äusserste Partie, d. i. die der Lichtlinie. Gleich einem stark lichtbrechenden aus einer homogenen Schicht bestehenden Bande durchzieht sie die Prismenzellen stets in gleicher Höhe; berücksichtigt man jedoch den Tangentialschnitt (Fig. 6) dieser Partie, so sieht man augenblicklich die bei der Entwickelung der Zellen schon angegebenen, von aussen nach dem Zellraume sich erstreckenden Zellwandwucherungen, die in der Form ziemlich unregelmässig an der zusammenhaltenden *Cuticula* zurückgeblieben sind. Einen ähnlichen Bau findet man noch in den Prismenzellen der Samenschalen vieler *Papilionaceen.*

Der anatomische Bau der Prismenzellen in der Samenschale von *Lupinus varius* ist für die Untersuchung dieser Verhältnisse in jeder Beziehung sehr belehrend. Die Prismenzellen sind an der flachen Seite der Samenschale nach aussen stielförmig verlängert und in Bündel von 20 und mehr solcher Zellen vereinigt. Das Gesammtbild dieser Bündel wäre zu vergleichen mit einer zusammengesetzten mit einem ziemlich langen Halse versehenen Flasche. Da sie mit ihren allmälig verengten, stielförmigen Theilen nach Aussen hin frei herausragen, so bilden sie dazwischen Vertiefungen oder Grübchen gerade so, wie wenn man polygonale an aneinander mehr oder weniger eng schliessende Zellen zusammenstellen würde (Fig. 10). Über diese Zellgruppen ist die *Cuticula* ausgespannt, die jedoch an vielen Stellen der ungemein starken Spannung nicht widerstehen konnte und desshalb in herabhängenden, unregelmässig auseinander gezerrten Lappen zurückgeblieben ist. Diese Grübchen sind an der Samenschale schon mit freiem Auge deutlich unterscheidbar. Eine isolirte Zelle (Fig. 11) besteht aus drei durch Structur

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

und Form verschiedenen Regionen, von welchen die beiden unteren *c* und *b* gleich lang, die obere *a* jedoch in einen dünnen Stiel verlängert erscheint. An der aus dem Querschnitte der Samenschale isolirten Zelle erscheint das Lumen an der unteren Partie (*c*) nach oben zu bedeutend verschmälert; ferner ist die ganze Zellwand, wie Tangentialschnitte (Fig. 15) besonders deutlich zeigen, durchbrochen von unregelmässig hin- und hergewundenen Porengängen und Canälen, daher auch die Schattirung dieser Partie. Hier sei noch erwähnt, dass die an die sogenannten Säulenzellen angrenzende Zellwandpartie zum Unterschiede von der dunklen eben erwähnten ziemlich stark lichtbrechend ist, was ich um so mehr hervorhebe, als ich da wieder den anatomischen Bau der Zellwand mit dieser Lichterscheinung in einen gewissen Zusammenhang bringe. Die innere Zellwand wird sich nämlich auch hier nicht gleichmässig verdicken, sondern nach Innen kegelförmige Auswüchse bilden, die sämmtlich nach Innen mit einer wasserarmen, stark lichtbrechenden Schicht bekleidet sind; ausserdem differiren sie nur sehr wenig von einander in der Höhe; sie sollten also jedenfalls, wenn auch nicht eine mächtigere, da diese Kegel ziemlich niedrig und stumpf sind, so doch eine schmale, etwas unregelmässige, also zum Theile unterbrochene Lichtlinie darstellen, wie es auch in der That der Fall ist.

Die mittlere Partie (Fig. 11, *b*) zeigt im Längsschnitte ausser dem schmalen mittleren Lumen noch seitliche Streifen. Aus der Untersuchung des Tangentialschnittes (Fig. 14) erklären sich diese Streifen als leistenförmige Porencanäle; der anatomische Bau dieser Zellhautregion ist demnach ganz verschieden von dem der unteren (*c*); an der Begrenzungsstelle werden also in das Lumen Zellwandleisten bekleidet von innerer, wasserarmer, folglich stark lichtbrechender Schicht hineinragen; in Folge dessen muss auch hier eine, wenn auch nur schmale Lichtlinie auftreten, was auch wirklich eintrifft. Wir können folglich bis jetzt an dieser Zelle zwei stark lichtbrechende Streifen unterscheiden, nämlich einen an der innersten an die Säulenzellen anstossenden Zellwand, den anderen an der Grenze zwischen den beschriebenen Zellregionen (*c* und *b*).

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Der äussere, stielförmige Theil (Fig. 11, *a*) hat ein verschwindend kleines Lumen (Fig. 12). Eigenthümlich stellt sich der Tangentialschnitt derselben Zelle an der Übergangsstelle (zwischen *b* und *a*) vor, dort also, wo sich die Zelle in den Stiel verschmälert. Die Wucherung der inneren Zellwand ist derart, dass die Schichtenkegel gleichsam eingeschoben sind (Fig. 13), und daher die wasserarme Partie hier als completer Kegel und von der wasserreichen vollkommen gesondert erscheint; es gewinnt der Tangentialschnitt ganz das Aussehen, als wenn eine Zelle in der anderen eingelagert wäre. Wenn man nun die Art der Zellwandverdickung der mittleren Partie (*b*) vergleicht mit der stielförmigen (*a*), so ist man genöthigt, an der Übergangsstelle ziemlich starke, gegen einander umbiegende Leisten von wasserarmen, stark lichtbrechenden Schichten anzunehmen. Jedenfalls sollte hier eine verhältnissmässig sehr breite Lichtlinie erscheinen, was durch die Thatsache vollkommen bestätigt wird.

Wir können demnach an den Prismenzellen der Samenschalen von *Lupinus varius* sogar drei Lichtlinien unterscheiden: eine oberste (Fig. 11, *L*) mächtige, eine mittlere (Fig. 11, $L_{,}$) etwa halb so breite und endlich eine untere (Fig. 11, $L_{,,}$) sehr schmale und theilweise unterbrochen.

Bei der an speciellen Beispielen soeben durchgeführten Behauptung, dass die Lichtlinie sowohl von der Molecularzusammensetzung, als auch vom anatomischen Bau der Zelle und der Art der Zellwandverdickung abhängig ist, drängt sich einem unwillkürlich die Frage auf, wie sich denn die Lichtlinie bei Anwendung solcher Reagentien, die einerseits auf die Molecularzusammensetzung, andererseits auf den anatomischen Bau der Zellwand verändernd einwirken, verhält, und ob denn die daraus gefolgerten Schlüsse eine Bestätigung dieser Ansicht gewähren. Vor Allem wird es sich also um die Einwirkung solcher Reagentien handeln, die im Stande sind, auf die Molecularzusammensetzung verändernd zu wirken, und da sind, zunächst solche anzuwenden, die entweder wasserentziehend oder wasserzuführend sind, somit die wasserreichen Schichten in wasserarme oder umgekehrt, die wasserarmen in wasserreiche umzuwandeln vermögen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Zu der ersten Kategorie gehört Alkohol. Lässt man einen frischen Schnitt längere Zeit in reinem Alkohol liegen und beobachtet ihn, ohne Wasser hinzuzusetzen, unter dem Mikroskope, so schwindet allmälig die Lichtlinie, bis das Lichtbrechungsvermögen in beiden äusseren Regionen der Prismenzelle (Fig. 11 *a* und *b*) sich ausgeglichen hatte. Der wasserarmen Schichte wird nämlich durch Alkohol nach und nach Wasser entzogen, sie wird wasserärmer, folglich auch stärker lichtbrechend. Schon dieser Umstand ist geeignet, den Effect der Lichtlinie bedeutend abzuschwächen. Dazu kommt noch der Wasserverlust in dem indifferenten Theile der Zellwand und mit der allgemeinen Zunahme der Lichtstärke gleicht sich nach und nach die Differenz bis zum gänzlichen Verschwinden der Lichtlinie aus. Setzt man allmälig Wasser hinzu, so treten auch in demselben Masse die Lichtlinien und zugleich die Contouren, dunkle begrenzende Randstreifen mit voller Deutlichkeit hervor. — Legt man einen dünnen Schnitt in einen kleinen Tropfen Wasser ein und setzt allmälig geringe Mengen Schwefelsäure hinzu, so bemerkt man ganz so wie bei Behandlung mit Alkohol zunächst eine Aufhellung beider Theile *a* und *b* in Fig. 11, die dunklen Linien werden immer lichter, die Lichtlinie wird der Quere nach in einzelne Streifen aufgelöst, endlich sind beide Theile *a* und *b* gleich lichtbrechend — die Lichtlinie verschwindet. Kurze Zeit nachher fängt die Auflösung der Zellwände, die vor Allem den stielförmigen Theil angreift und so von Aussen nach Innen weiter fortschreitet, und während ein Theil der mittleren Partie *b* schon im grossen Ganzen resorbirt ist, leisten noch immer einzelne Theile derselben der auflösenden Kraft der Säure Widerstand und ragen gleich spitzen Kegeln hervor. Am längsten widersteht die untere Partie, was wohl auf Rechnung der zahlreichen, wasserarmen, hier überdies in einander verschlungenen Schichten zu setzen ist.

Die zweite Art der Reaction auf die Molecularconstitution besteht in Wasserzufuhr. Ich hatte Schnitte im Wasser bis zur vollständigen Isolirung der Zellen liegen, und obwohl ich einerseits behaupten muss, dass der Effect der Lichtlinie dabei viel eingebüsst hatte, war doch der Erfolg im Allgemeinen keineswegs entsprechend dem entgegengesetzten, was darauf schliessen lässt, dass die Molecüle der wasserreichen Schichten ihre Wasser-

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY MASS.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

zonen bei weitem schneller verkleinern, d. h. Wasser schneller abgeben, als die wasserarmen sich mit verstärkten Wasserzonen umgeben.

Bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure färbt sich zunächst in Fig. 11 die innere Partie (*c*) blau; erst allmälig tritt die Bläuung in der äusseren Partie (*a*) ein, während noch die mittlere (*b*) von Jod gelb gefärbt bleibt. Erst nachdem der untere Theil (*c*) intensiv, der obere (*a*) schwach blau gefärbt wurde, fängt die Reaction auf Zellstoff auch in der mittleren Partie (*b*) an; dies lässt sich auf das zwischen den leistenförmigen Porencanälen vorhandene, eingetrocknete Protoplasma zurückführen; die Gelbfärbung weicht schliesslich der vorwiegenden, fortschreitenden Cellulose-Reaction. Übrigens erstreckt sich diese Bemerkung keineswegs auf die Lichtlinie, denn es ist eben der zwischen den beiden Lichtlinien gelegene Theil, der der Bläuung so lange widersteht. Eine Cuticularisirung der Lichtlinie, wie Sempolowski[1] angenommen, und Lohde[2] sogar bewiesen zu haben glaubt, konnte ich trotz wiederholter Versuche nicht bemerken, im Gegentheile, die breite obere Lichtlinie wurde gleichzeitig mit der oberen anliegenden Zellregion (*a*), wenn auch schwächer, aber doch rein blau gefärbt, was wohl auf das starke Lichtbrechungsvermögen dieser Stelle und keineswegs auf eine chemische Veränderung derselben hinweist. Wenn überhaupt eine Cuticularisirung als Ursache der Lichtlinie gelten sollte, so müsste unbedingt bei dieser Breite derselben die Reaction eine jeden Zweifel ausschliessende sein, was jedoch nicht der Fall ist. Den schlagendsten Beweis gegen eine Cuticularisirung der Stelle der Lichtlinie bieten die Tangentialschnitte; die müssten unter jeder Bedingung aus der Lichtregion entnommen auf eine deutliche Cuticularisirung reagiren. Bei einer geringen Mächtigkeit der Lichtlinie könnte wohl eingewendet werden, dass ein solcher Schnitt ausser der Lichtlinienstelle auch noch die darunter oder darüber liegende Zellwandpartie enthalten könne und desshalb könnte die Cuticula-Reaction keineswegs genug intensiv auftreten; allein, wenn man die Zelle mit genügender Vorsicht

---

[1] l. c. pag. 11.

[2] l. c. pag. 32 und pag. 36.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

in der Lichtlinienregion tangential schneidet, so müssen unbedingt wenigstens einige die Lichtlinie so rein treffen, dass die Reaction jeden Zweifel beheben müsste. Ich konnte eine solche nicht wahrnehmen; im Gegentheile wiesen mir alle Schnitte eine deutliche, unzweifelhafte Cellulose-Reaction nach.

Kennt man die Lichtlinie und ihre Erscheinungen an den Prismenzellen der Samenschalen bei den *Papilionaceen*, so fällt es nicht schwer, dieselbe bei ähnlich gebauten Prismenzellen wieder aufzufinden. Bei denjenigen *Cucurbitaceen*, bei denen die Prismenschicht aus lang ausgezogenen mit Porencanälen versehenen Zellen besteht, deren Lumen nach oben und unten sich in die verdickte Zellhaut verzweigt, ist an beiden Seiten, wo die Verzweigungen enden, eine mehr oder weniger stark lichtbrechende Linie längs dieser Schicht bemerkbar. Man darf demnach auch diesen Zellen die Lichtlinie nicht absprechen. Vergleicht man den Längsschnitt solcher Zellen (Fig. 24) mit dem Tangentialschnitte (bei *Luffa acutangula* Fig. 24) aus verschiedener Höhe, so wird man bald über den Verlauf und die Verästelung dieser Porencanäle orientirt sein, zugleich auch das Umbiegen derselben nach oben und unten wahrnehmen können. Durch dieses Umbiegen aber häuft sich eine bedeutende, wasserarme stark lichtbrechende Schicht an, daher auch das bedeutende Aufhellen dieser Stelle, zugleich aber — wie ich bereits früher angedeutet hatte — das Vorrücken derselben beim Heben und Senken des Tubus. An Tangentialschnitten bemerkt man niemals eine lichte Linie, was für alle Fälle ganz allgemein gilt. Bis jetzt hat auch keiner von den genannten Autoren einer ähnlichen Lichterscheinung an Tangentialschnitten Erwähnung gethan. Mir ist es trotz vielfacher Mühe auch nicht geglückt, sie wahrzunehmen.

Ich will versuchen, beide Erscheinungen, nämlich die Ursache des Erscheinens einer Lichtlinie in Längsschnitten und das ständige Fehlen derselben an Tangentialschnitten zu erklären. Die Porencanäle verlaufen bei *Luffa acutangula* im Längsschnitte gegen die beiden Enden der Zellen bogenförmig in die verdickte Zellmembran; es wird also so ziemlich in der Art geschehen müssen, wie es in Fig. 16 schematisch dargestellt ist. Betrachtet man die Zellen in der Richtung des Pfeiles, so sieht man an

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

einzelnen Stellen eine bedeutende Zunahme der Mächtigkeit von wasserarmen Schichten; die Stelle also, wo dies der Fall ist, wird auch stark aufleuchten um so mehr, als sie von dunklen und indifferenten Linien begrenzt wird, kurz die Sache wird sich wie bei *Orobus vernus* (pag. 6) verhalten, ich verweise daher auf das dort Gesagte.

Befremdend ist allerdings auf den ersten Blick das absolute Fehlen der Lichtlinie an Tangentialschnitten. Es liefert dieser Umstand zunächst einen neuen Beweis gegen die Cuticularisirung der Stelle, wo die Lichtlinie auftritt. Ich erkläre mir die Sache folgendermassen: Betrachtet man die aufliegende Zelle in der Richtung von *x* (Fig. 17), so wird man auf eine bedeutend mächtige Schicht von wasserarmen Molecülen, theils überwiegend wasserreiche, theils wechsellagernde treffen. Beobachtet man den Tangentialschnitt dieser Zellen in der Richtung von *y*, so treten niemals überwiegend wasserarme oder überwiegend wasserreiche Schichten auf, sondern sie wechseln mit einander ab; somit wird immer nur die Zellmembran indifferent erscheinen. Dies bezieht sich ausnahmslos auf alle Zellen, die im Längsschnitte eine Lichtlinie aufweisen, so dass man ganz allgemein sagen kann: In Tangentialschnitten unterscheidet sich die Lichtlinienpartie bezüglich des Lichtbrechungsvermögens von einer anderen in keiner Beziehung.

Ich hatte zwar noch nicht die Gelegenheit, die Entwickelung der Prismenzellen bei *Canna* zu beobachten und kann nur nach dem anatomischen Bau derselben an reifen Testen auf die Ursache des Auftretens der Lichtlinie schliessen, glaube jedoch nicht zu irren, wenn ich annehme, dass das Studium der Entwickelung dieser Zellen dieselben Resultate liefern dürfte, wie die von Russow untersuchten Prismenzellen der *Marsilia*-Fruchtschalen; wenigstens sprechen alle Anzeichen dafür. Der anatomische Bau der Prismenzellen in den reifen Samenschalen und die Erscheinungen der Lichtlinie sind bis in's feinste Detail die gleichen. Der Tangentialschnitt durch genannte Zellen zeigt, dass das Lumen derselben im Allgemeinen sehr eng und rund ist (Fig. 20), nach Innen sich erweitert und einen dunkelbraunen Pigmentstoff enthält (daher die fast schwarze Samenschale), nach

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Aussen endlich enger und fast spaltenförmig wird (Fig. 19). Betrachtet man die Zellen im Längsschnitte (Fig. 18), so findet man dasselbe, doch zeigen sich da an der Lichtlinie drei bis vier Spalten, die eng neben einander liegen und in ihrem Gesammteindruck eben die Lichtlinie hervorrufen.

Die Zellmembran weicht demnach an drei verschiedenen Stellen von ihrer regelmässigen Verdickungsart ab und zwar an der Basis der Zelle nach Innen, wo dieselbe ziemlich dünn, das Lumen daher verhältnissmässig gross ist, in der Mitte, wo sie — ähnlich wie die Prismenzellen von *Marsilia* - Fruchtschalen — eine drei- bis vierfache Einbiegung nach Aussen hin macht, das Lumen daher sich linsenförmig senkrecht auf die Längsachse gestaltet und endlich gegen die Oberfläche der Samenschale, wo die Membran stark verdickt, das Lumen schmal, spaltenförmig ist und parallel mit der Achse verläuft.

Berücksichtigt man näher den Bau der Zellmembran an der Stelle der Lichtlinie, so darf man keineswegs das gesteigerte Lichtbrechungsvermögen mit der geringeren Dicke der Zellmembran oder, was auf dasselbe hinaus kommt, mit der Erweiterung des Zelllumens in Verbindung setzen, sondern muss, wie ich bei *Luffa* (Fig. 16) nachgewiesen zu haben glaube, den Grund in der durch das Umbiegen der Zellmembran hervorgerufenen bedeutenden Mächtigkeit der wasserarmen, also stark lichtbrechenden Schicht suchen. Die Lichtlinie ist ferner nicht, wie in den früheren Fällen, eine einheitliche, d. h. als ein die Zelle an bestimmter Stelle durchsetzendes, stark aufleuchtendes Band, sondern aus drei bis vier Theilstücken zusammengesetzt, die der Quere nach durch dunklere, schmale Streifen durchzogen werden. Nachdem aber die mächtigen, wasserarmen, lichten Schichten verhältnissmässig die dunkleren, wasserreichen an Breite um ein Vielfaches übertreffen, so wird der Effect der ersteren den der letzteren bis auf das geringste herabmindern und im Gesammtresultate einen ziemlich breiten Streifen von bedeutender Lichtstärke vorstellen. Nur bei starker Vergrösserung und nach vorsichtiger Präparation ist diese Trennung der Lichtlinie bemerkbar.

Anders verhält es sich bei *Hibiscus syriacus*. Die Wände der Prismenzellen sind stark verdickt und mit leistenförmigen

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Porencanälen versehen, wie es ein Tangentialschnitt (Fig. 27) zeigt. Das Zelllumen erweitert sich nach Aussen, nach Innen begrenzt sich dasselbe bis auf ein Minimum (Fig. 27, *b*). Der Längsschnitt dieser Zellen fällt demnach verschieden aus, je nachdem derselbe durch die verdickte Zellwand geht oder durch je zwei correspondirende, spaltenförmige Porencanäle verläuft (Fig. 27, *a* in der Richtung des Pfeiles).[1] In dem ersten Falle wird der Längsschnitt (Fig. 25) ein anderes Bild gewähren als in dem zweiten (Fig 26); für das Verständniss der Lichtlinie ist jedoch der letztere von grösster Wichtigkeit. Man sieht da ganz deutlich die Membranleisten längs der äusseren und der inneren Zellwand umbiegen und kegelförmig im Durchschnitte mit ihren mächtigen, wasserarmen, stark lichtbrechenden Schichten hineinragen, endlich wie die Lichtlinie nur einen Gesammteindruck von einzelnen Lichtkegeln darstellt. Unwillkürlich wird man da an die Lichtlinie bei *Orobus vernus* erinnert; desshalb verweise ich auch auf die frühere Erklärung derselben.

Schliesslich kann ich nicht umhin auch auf die ziemlich weit nach Innen gelegenen Prismenzellen bei *Lallemantia peltata* (Fig. 28) aufmerksam zu machen, die nicht nur durch ihren überaus zierlichen Bau ein allgemeines Interesse verdienen, sondern auch für unseren Zweck insoferne von Wichtigkeit sind, als sie, da sie in ihrem Baue einerseits an die Zellen von *Luffa*, andererseits an die von *Hibiscus* erinnern, nach dem von mir ausgesprochenen Grundsatze auch Lichtlinien an ihren äusseren und inneren Begrenzungswänden aufweisen müssten, was auch in der That der Fall ist.

Für die Untersuchungen mit dem polarisirten Lichte stellte mir der Herr Vorstand des k. k. pflanzenphysiologischen Institutes Regierungsrath Prof. Dr. A. Weiss sein eigenes grosses Hartnack'sches Mikroskop gütigst zur Verfügung, wofür ich ihm meinen tiefsten Dank ausspreche. Bei der ausgezeichneten Leistungsfähigkeit dieses Instrumentes müssten unbedingt Erscheinungen auftreten, welche auf eine chemische Veränderung der Lichtstelle in der Zellmembran hindeuten würden. Das geschieht

[1] Hier können nur sehr dünne und oft geradezu zufällig gelungene Schnitte Aufschlüsse geben.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

aber nicht, im Gegentheile sprechen selbst bei Einschaltung der Gypsblättchen die gefundenen Resultate nur für eine veränderte Molecularconstitution.

Das Resultat der vorliegenden Untersuchungen lässt sich in folgende Punkte zusammenfassen:

1. Die Lichtlinie ist bis jetzt in den Samenschalen folgender Familien beobachtet worden: *Cannaceen*, *Convolvulaceen*, *Labiaten*, *Cucurbitaceen*, *Malvaceen*, *Mimoseen* und *Papilionaceen*.

2. Sie erscheint nur in den Prismenzellen von eigenthümlichem Baue.

3. Sie wird nie an Tangentialschnitten sichtbar.

4. Die Zellmembran ist an der Stelle der Lichtlinie von einer für eine starke Lichtbrechung günstigen Molecularzusammensetzung.

5. Die Zellmembran ist an der Lichtlinie nie chemisch verändert, d. i. cuticularisirt.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1, 2, 3. Allmälige Entwicklung der Prismenzellen in der Samenschale von *Orobus vernus*. Vergr. 320.

„ 4, 5, 6. Tangentialschnitte der Prismenzellen der reifen Testa von *Orobus vernus*. Vergr. 320.

„ 7, 8, 9. Schematische Darstellung der Lichtlinie.

„ 10. Prismenschicht der reifen Testa von *Lupinus varius*. Vergr. 25.

„ 11. Isolirte Prismenzelle der reifen Testa von *Lupinus varius*. Vergr. 75.

„ 12, 13, 14, 15. Tangentialschnitte der Fig. 11. Vergr. 320.

„ 16, 17. Schematische Darstellung der Lichtlinie.

„ 18. Prismenzellen der Testa von *Canna Anei gigantea*. Vergr. 320.

„ 19, 20. Tangentialschnitte der Fig. 18. Vergr. 320.

„ 22. Querschnitt der Samenschale von *Acacia*. Vergr. 75.

Tafel II.

„ 21. Prismenschicht der Testa von *Canna Bihordi*. Vergr. 320.

„ 23. Prismenzellen der reifen Testa von *Luffa acutangula*. Vergr. 320.

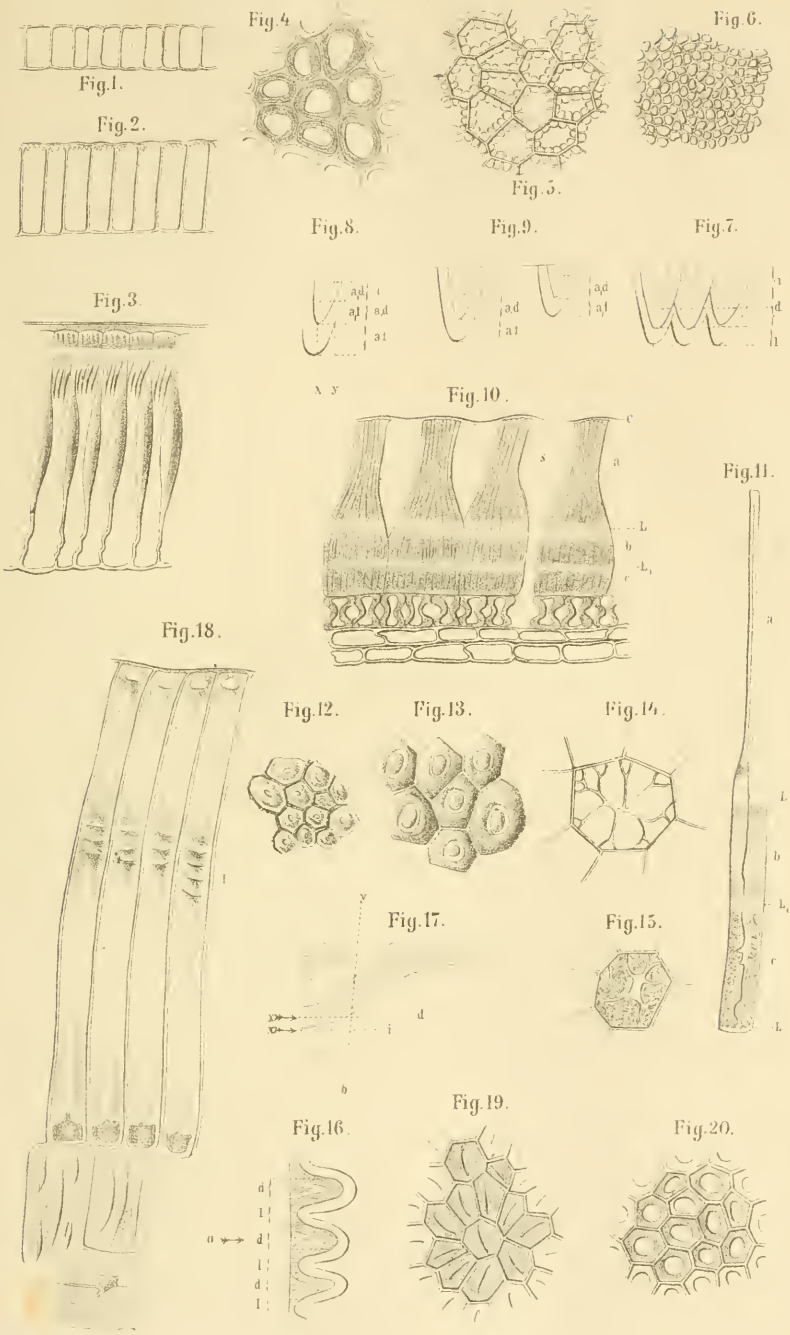
„ 24. Tangentialschnitt der Fig. 23. Vergr. 320.

„ 25, 26. Prismenzellen der reifen Testa von *Hibiscus syriacus*. Vergr. 320.

„ 27. Tangentialschnitt der Fig. 26. Vergr. 320.

„ 28. Prismenschicht der reifen Testa von *Lallemantia peltata*. Vergr. 320.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum



Autor del. Schmidt

Druck v. J. Waener Wien

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Fig. 21.

Fig. 23.

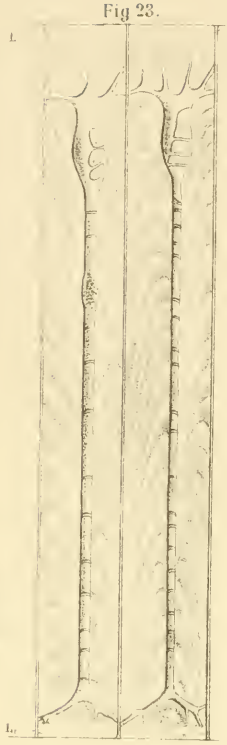


Fig. 22.

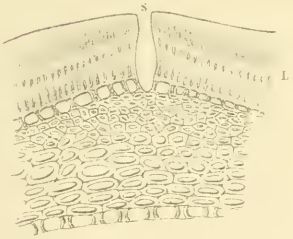


Fig. 24.

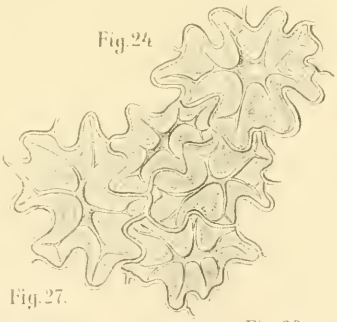


Fig. 25

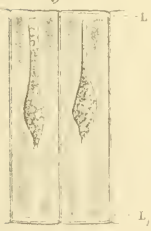


Fig. 26

Fig. 27.

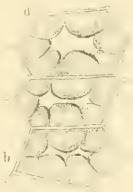
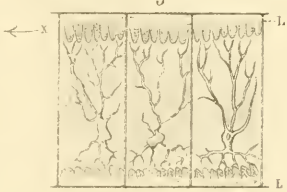



Fig. 28.